



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

AUTOMATIZACE DĚLIČKY TOS DU 250

AUTOMATION OF THE INDEXING DEVICE TOS DU 250

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ SOBOTKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL HOUŠKA, PH.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Sobotka

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Automatizace děličky TOS DU 250

v anglickém jazyce:

Automation of the indexing device TOS DU 250

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce se zabývá možnostmi automatizace děličky TOS DU 250. Cílem je navrhnout cenově dostupné řízení , absolutní odměřování polohy a brždění pohybu vřetene děličky, včetně uživatelského rozhraní a integrace ovládacích prvků do ovládání používané frézky.

Cíle bakalářské práce:

1. Seznamte se s problematikou pohonů pro přesné polohování
2. Analyzujte problematiku pohonu a snímání polohy vřetene
3. Navrhněte pohon vřetene děličky včetně způsobu zabudování
4. Navrhněte software pro řízení děličky včetně uživatelského rozhraní

Seznam odborné literatury:

- [1] Pavelka J., Čerovský Z., Javůrek J., Elektrické pohony, Nakladatelství ČVUT, Praha 2003
- [2] Skalický J., Elektrické servopohony, Nakladatelství VUT, Brno
- [3] Fraden, J.: Handbook of Modern Sensors, 2004, Springer-Verlag, ISBN 0-378-00750-4
- [4] Noskievič, P.: Modelování a identifikace systémů, Montanex a.s., Ostrava 1999, ISBN 80-7225-030-2

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Houška, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 21.11.2011



Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi automatizace děličky TOS DU 250. Cílem je navrhnout cenově dostupné řízení, s přesným snímáním polohy a brzdění pohybu vřetene děličky. Ovládání děličky je řešeno ovládacím panelem, na kterém se nastavuje hodnota absolutního natočení.

Abstract

This bachelor deals with the possibilities of automation divider TOS DU 250. The aim is to design affordable management with accurate position sensing and braking of spindle. Divider control is formed through the control panel which sets the absolute value of rotation.

Klíčová slova

dělicí přístroj, krokový motor, automatizace, snímání natočení, ovládací panel

Keywords

dividing apparatus, stepper motor, automation, sensing rotation, control panel

Bibliografická citace:

SOBOTKA, O. Automatizace děličky TOS DU 250. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 43 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Houška, Ph.D..

Prohlášení o originalitě:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Automatizace děličky TOS DU 250 vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 24.5.2012

.....

Ondřej Sobotka

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat za věcné rady panu Ing. Pavel Houška, Ph.D., které mi poskytl při tvorbě této práce.

Obsah

Titulní list.....	1
Zadání bakalářské práce.....	3
Abstrakt.....	5
Bibliografická citace:.....	6
Prohlášení o originalitě:.....	6
Poděkování.....	7
1 Úvod.....	11
2 Komerčně vyráběné dělicí přístroje.....	13
2.1 Dělicí přístroj fa. NIKKEN.....	13
2.2 Dělicí přístroj fa. GANRO.....	13
2.3 Dělicí přístroj fa. Troyke°.....	13
2.4 Dělicí zařízení fa. TSUDAKOMA.....	14
2.5 Modelářský programovatelný otočný stůl.....	14
3 Konstrukce CNC dělicího zařízení.....	17
3.1 Automatizované dělicí zařízení TOS DU 250.....	18
4 Určení parametrů dělicího přístroje.....	19
4.1 Požadovaného kroutícího momentu a maximálních otáček.....	19
4.2 Oměření dělicího přístroje.....	20
4.3 Rozebírání dělicího přístroje.....	20
4.4 Zjištění rozměru komponent.....	22
5 Volba pohonu.....	23
5.1 Asynchronní motor.....	23
5.2 Stejnoseměrné motory.....	24
5.3 Krokové motory.....	24
5.3.1 Kompaktní krokové pohony.....	25
5.3.2 Krokové motory s programovatelnou jednotkou.....	25
5.3.3 Krokové motory s driverem.....	26
5.4 Vybraný pohon.....	26
6 Problematika řídicích systémů a ovládání.....	27
6.1 Řízení pomocí PC.....	27
6.2 Řízení pomocí operátorského panelu.....	27
6.3 Řízení pomocí vyrobené desky s mikroprocesorem.....	28
6.4 Řízení pomocí vývojové desky s mikroprocesorem.....	29
6.4.1 Vývojová deska fa. Microchip Technology Austria GmbH.....	29
6.4.2 Vývojový kit fa. Pandatron.....	29
6.4.3 Vývojová deska fa. Olimex Ltd.....	30
6.4.4 Tlačítková klávesnice pro vývojové desky.....	30
6.5 PLC s grafickou zobrazovací jednotkou.....	31
7 Problematika snímání polohy včetně.....	33
7.1 Snímač Avago-technologies.....	33
7.2 Snímač Renishaw.....	33
8 Způsob zabudování pohonu do dělicího přístroje.....	35
8.1 Připojení motoru.....	35
8.2 Použité díly dělicího přístroje.....	36
8.3 Díly potřebné pro stavbu.....	37
9 Ovládací panel.....	37
10 Závěr.....	39

Ústav automatizace a informatiky

Seznam použité literatury:.....	41
Seznam příloh:.....	43

1 Úvod

Práce se zabývá automatizací dělicího zařízení TOS DU 250 pro potřeby fa. Kovoobrábění Sobotka. Tato firma se zabývá strojním obráběním dle výkresové dokumentace a výlisky z plechu. Cílem je s minimálními náklady automatizovat vlastněné dělicí zařízení a zvýšit produktivitu, přesnost a zjednodušit tak používání tohoto zařízení. Na trhu jsou automatizovaná dělicí zařízení nebo otočné stoly, ale náklady na jejich pořízení přesahují částku 300 000 Kč bez DPH a pro zamýšlené použití jsou příliš těžké a mají komplikované ovládací rozhraní. Zařízení konstruované v této práci by nemělo překročit částku 50 000 Kč bez DPH.

Cílem je automatizovat již vlastněné dělicí zařízení, místo ručního polohování namontovat motor a dělicí zařízení ovládat přes ovládací panel, na který se bude číselně zadávat absolutní úhel natočení. Ovládací panel bude přidělán na stole vedle frézky.

První část jsem pojmal jako úvod a představení různých typů dělicích zařízení. V druhé části popíši problematiku pohonů, jejich využití, klady a zápory. Samozřejmě zde uvedu i cenové relace. V třetí části budu rozebírat přesnosti snímání natočení a snímače samotné. Čtvrtá část ukazuje možnosti ovládání uživatelského rozhraní. Pátá část se zabývá úpravou dělicího přístroje a integrací do stroje.

2 Komerčně vyráběné dělicí přístroje

Na trhu je možné nalézt širokou škálu CNC dělicích přístrojů. Většina těchto přístrojů je prodávána jako doplněk ke konkrétnímu typu stroje nebo výrobce. Univerzálních dělicích přístrojů je podstatně méně, dále následuje jejich rešerše.

2.1 Dělicí přístroj fa. NIKKEN

NIKKEN CNC260B má upínací desku o průměru 260mm. Dělicí zařízení je konstruováno pro obrábění za souvislého otáčení při řezu. Proto její moment dosahuje 192N/m. Většina CNC děliček má rozlišení 0.001°. Dělička má i brzdu, která se však při této aplikaci příliš nepoužívá, při zabrzdění dosahuje momentu 984N/m. Nabídku na tyto typy děliček přikládám v příloze č.1.[1]



obr. 1: Dělicí zařízení NIKKEN CNC260B [1]

2.2 Dělicí přístroj fa. GANRO

GANRO má parametry obdobné jako NIKKEN, hlavní odlišnost je možnost výběru až 4 řídících systémů. Tato skutečnost má praktické využití, z důvodu kompatibility systému ve stroji s dělicím zařízením a velmi to ulehčí instalaci do stroje. Podporované systémy jsou : FANUC, HEIDENHAIN, MITSUBISHI, SIEMENS.[2]



obr. 2: Dělicí zařízení GANRO [2]

2.3 Dělicí přístroj fa. Troyke°

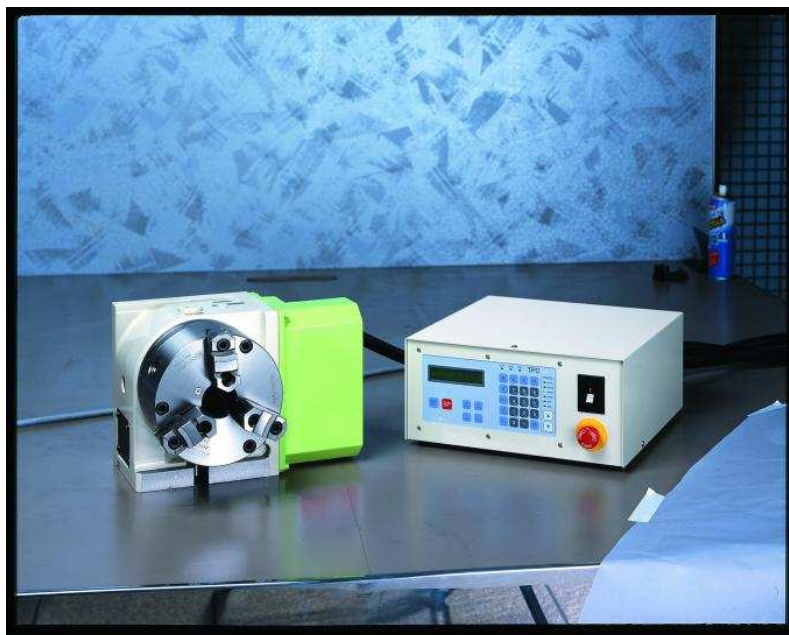
Troyke° je parametricky také obdobné při stejné velikosti. Tento výrobce má hlavní výhodu ve velkém otvoru skrz dělicí přístroj a možnost utahování jednotlivých čelistí zvlášť. Toto dělicí zařízení má využití hlavně v tvorbě konců dlouhých hřídelí.[3]



obr. 3: Dělicí zařízení Troyke° [3]

2.4 Dělicí zařízení fa. TSUDAKOMA

TSUDAKOMA je velmi přesné zařízení, přesnostně srovnatelné s CNC děličkami z prvního článku.



obr. 4: CNC dělička TSUDAKOMA RZ 160 [6]

Řídicí systém je realizován kontrolérem s ovládacím panelem. Tato jednotka má interní paměť na programy, lze připojit k CNC systému a ovládat přímo z CNC stroje jako 4 osu. Dosahovaná přesnost je stejně jako u CNC děličního přístroje $0,001^\circ$. Průměr sklíčidla je 160mm. Což odpovídá velikostně děličce v mém projektu. Cena toho zařízení bez DPH se pohybuje okolo 320 000 Kč.[6]

2.5 Modelářský programovatelný otočný stůl



obr. 5: Modelářský programovatelný otočný stůl [5]

Zařízení je hlavně určeno pro modelářské účely, a proto není dostatečně tuhé pro obrábění na výkoných strojích. Toto zařízení nemá odměřování polohy natočení. Stůl má velikost 4" a je poháněn krokovým motorem, který je napájen 110V AC adaptérem. Celé řízení je provedeno Mumford ovládacím panelem. Cena se pohybuje okolo 14 000 Kč. [5]



Zařízení používají hlavně domácí kutilové, kteří nepotřebují při práci 100% kontrolu polohy. Výrobce neuvádí přesnost polohování, ale z konstrukce otočného stolu odhadují zhruba $0,1^\circ$ v jednom směru otáčení. Další velkou nevýhodou je absence brzdy proti pootočení, nebo možnost minimalizace vůle u šnekového soukolí.

obr. 6: Otočný stol přišroubovaný na úhelníku, při obrábění ozubeného kola. [5]

3 Konstrukce CNC dělicího zařízení

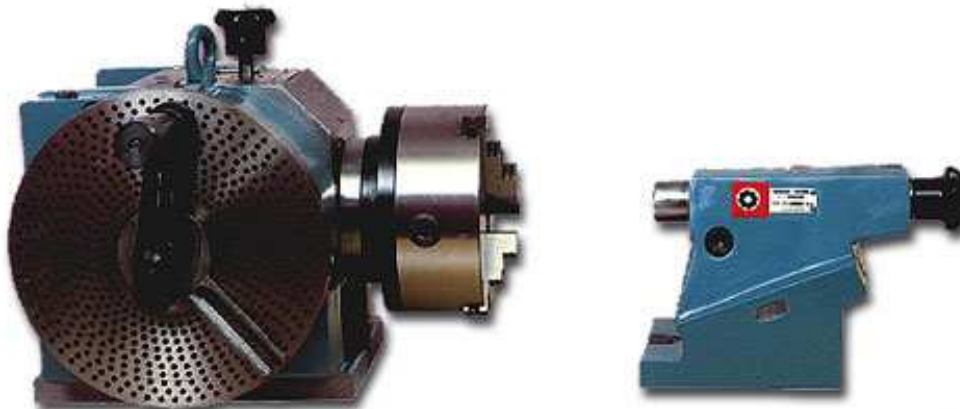
Jako reprezentanta konstrukce dělicího zařízení bylo vybráno dělicí zařízení fa. HAAS, která se zabývá výrobou CNC strojů celkově. Jehož komplexní dokumentaci poskytuje výrobce.



obr. 7: Dělicí přístroj HAAS [4]

1. Tělo dělicího přístroje je vyrobeno z litiny, která dobře tlumí rázy a zaručuje vysokou tuhost uložení.
2. Upínací talíř z tepelně upravené legované oceli.
3. Uložení je provedeno dvěma masivními ložisky z obou stran šnekového kola.
4. Šnekové kolo vyrobené z bronzu s limitní házivostí 0,002mm.
5. Pastorek vyroben z vysocelegované oceli, kalen a broušen na limitní házivost 0,002mm.
6. Brzdový kotouč vyroben z ušlechtilé oceli kalen na 30-40HRC.
7. Skříň obalena plechovým obalem a utěsněna speciálním pěnovým silikonem pro absolutní těsnost. Uvnitř skříně se nachází pohon.[4]

3.1 Automatizované dělicí zařízení TOS DU 250



obr. 8: Dělicí zařízení TOS DU 250 [7]

Tento typ dělicího zařízení jsem si vybral pro přestavbu z důvodu jeho vlastnictví. Rozměry zařízení viz. příloha č.2. Pro přestavbu chci odstranit co nejvíce součástí, které by mi mohly snížit přesnost. Zařízení, které mám k dispozici, se liší jen barvou od ilustrativního obrázku.

Popis:

1. *Tělo přístroje je vyrobeno z litiny, oproti předchozímu typu má možnost ručního polohování v ose kolmé na osu otáčení sklíčidla.*
2. *Upínací plocha je normalizována pro upnutí sklíčidla nebo lícní desky.*
3. *Uložení vřetene je provedeno dvěma masivními soudečkovými ložisky, které jsou staženy KN maticí a pojištěny MB podložkou, kvůli možnosti předpnutí.*
4. *Šnekové kolo vyrobeno z legované oceli a zakaleno, z důvodu nepředpokládané vysoké obvodové rychlosti.*
5. *Pastorek vyroben z vysocelegované oceli a kalen.*
6. *Svěrná brzda ovládaná šroubem z horní části dělicího přístroje.*

4 Určení parametrů dělicího přístroje

4.1 Požadovaného krouticího momentu a maximálních otáček

Pro určení momentu jsem využil dva momentové klíče. Jeden jsem upnul do sklíčidla a zapřel o stůl obráběcího stroje. Druhým momentovým klíčem jsem zatěžoval. První momentový klíč jsem měl nastaven na 120N/m. Při dosažení požadovaného momentu byl na klíči odečten krouticí moment 4N/m. Z výsledku je vidět, že dělicí zařízení pracuje s určitou minimální ztrátou. Měření jsem nemohl provést pro větší moment z důvodu protáčení momentového klíče ve sklíčidle. Jako limitní rozběhový moment si pro svoji aplikaci volím 6N/m. Což je o 50% více než potřebuji a dosáhnu tím krouticího momentu 180N/m.



obr. 9: Odměření momentu Tona TMK 200

Maximální otáčky volím zhruba 8ot/sec, při této frekvenci otáčení se dělicí přístroj otočí o 360° za 5sec. Pro ruční ovládání je tato rychlost dostačující.

4.2 Oměření dělicího přístroje

Pro vizualizaci dělicí přístroje je nutné kompletní rozebrání. Na většinu dílů mi pro měření stačila obyčejná posuvka, ale na některé jsem použil i 3D měřicí sondu.

4.3 Rozebírání dělicího přístroje

Na obrázku je vidět dělicí přístroj bez oz.kol, které převádí v poměru 1:1, osu rotace od šneku (hřidel dole), do osy rotace natáčení dělicího přístroje. Toto bylo nutné dříve, protože při natočení dělicího přístroje do osy je nutné, aby polohovací zařízení zůstalo na svém místě, ale pro moje účely je tento převod jen zvýšení nepřesnosti.

Na obrázku je patrné že dělička je uvnitř velmi znečištěná. Při vypouštění olejové náplně byla dokonce v oleji řezná emulze. Tento problém příkládám hlavně nedokonalému utěsnění horních aretačních dílů. Jsou těsněny pouze jedním O-kroužkem. Pro moje účely budou tyto otvory zaslepeny, a proto by neměl již tento problém nastat.

Pravé víko, které vidíme z obr.10, bude vyrobeno nové, protože zde bude již dělicí přístroj končit a toto víko má mnoho otvorů. Do vyráběného víka usadím ovládání brzdy.

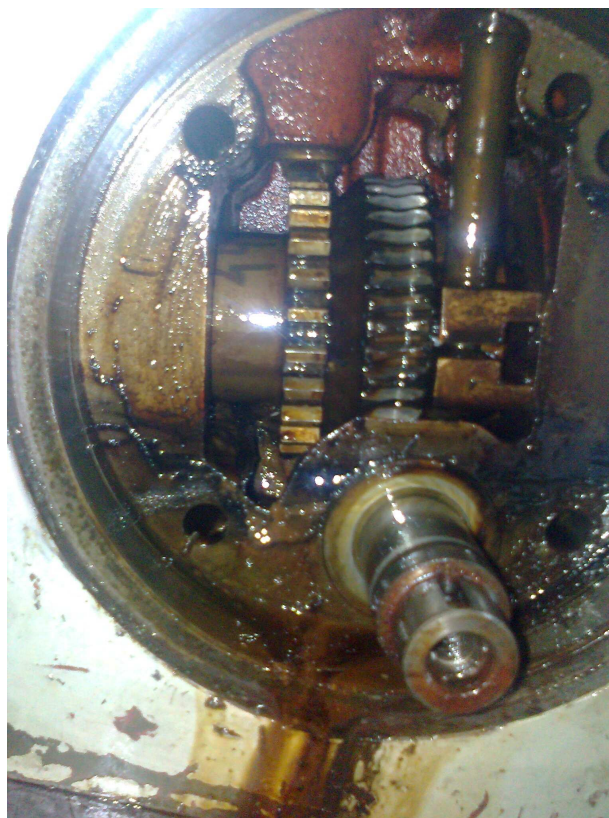


obr. 10: Dělicí přístroj po sundání bočního krycího víka a předlohového ozubení (pravá strana)

Z obr.10 je vidět přesně v jakých směrech lze dělicí přístroj natáčet.

Na obr.11 lze vidět: (popis z leva do prava)

- Aretační ozubené kolo, do kterého zapadá pastorek s tvarem 1 zubu. Tato metoda se používá pro ustavení na násobky po 10° .
- Šnekové kolo - čekal jsem, že toto soukolí bude kaleno a broušeno, ale to byl omyl. Oz. kola jsou zakalená a poté pouze zaběhlá.
- Brzda - svěrné pouzdro. Ovládání brzdy je realizováno přes šroub s jemným stoupáním, který se utahuje z vrchu dělicího přístroje Imbus klíčem č.10.
- Ovládání excentrické hřídele. Slouží k nastavení excentrické vložky, ve které je uložen šnek. Dochází k vymezení vůle mezi spolu zabíhajícími kolem a šnekem.



obr. 11: Dělicí přístroj z levé strany bez víka

Při úplném rozebrání jsem zjistil, že ložiska dělicího přístroje jsou ve velmi žalostném stavu. Výhodou této děličky jsou dvě soudečková ložiska, na kterých se dá vymezit vůle vřetena dělicího přístroje.



obr. 12: Všechny součásti dělicího přístroje

4.4 Zjištění rozměru komponent

1 Měření probíhalo na stroji MCV 1000 od fa. Kovosvit dotykovou bezdrátovou sondou TS 440.

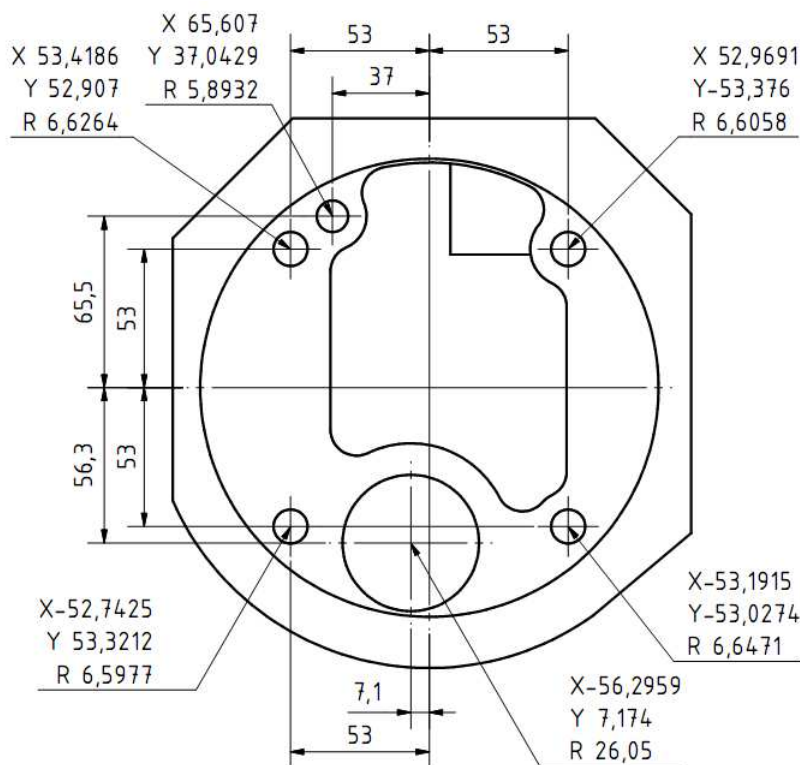
2 Přesnost měření je zobrazována v tisícinách milimetru, ale udávaná přesnost sondy je 5 tisícinách milimetru. Měření je pro moje účely dostačující.

3 Naměřené hodnoty byly velmi rozdílné oproti průměru, na kterém se dělicí přístroj otáčí. proto jsem je zaokrouhlil na celá čísla. Díry byly vyvrtány v rozmezí $\pm 0,4\text{mm}$. Při oměřování dalších rozměrů dílu, byly vždy rozměry velmi rozházeny. Proto bude nutné, každý dělicí přístroj znovu přeměřit a přípojovací rozměry nepatrně změnit.

4 Při měření nastal problém s exportem dat, a proto jsem musel všechny údaje přepsat ručně na předkreslený výkres.



obr. 13: Měření roztečí děr pomocí dotykové sondy Heidenhain TS 440



obr. 14: Hodnoty v souřadnicích X,Y a R jsou naměřeny sondou.

Kóty jsou hodnoty mého upraveného modelu.

Hodnoty nejsou zaokrouhlovány, ale upraveny na nejpravděpodobnější hodnoty.

5 Volba pohonu

Při výběru pohonu jsou uvažovány následující parametry:

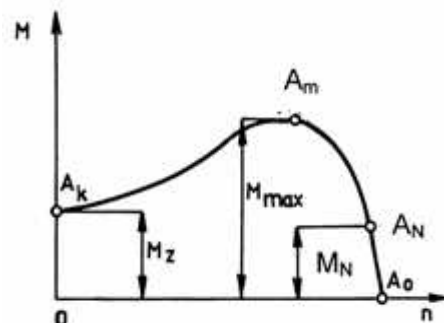
- Parametry na motoru : rozběhový moment, trvalý provozní moment, minimální a maximální otáčky
- Parametry řídicí jednotky : dosažitelná přesnost polohování, minimální říditelné natočení, komunikační rozhraní a nároky na ovládání

Při tomto rozhodování jsem vybíral z asynchronních motorů, stejnosměrných motorů a krokových motorů.

5.1 Asynchronní motor

Asynchronní motory potřebují pro určení polohy zpětnou vazbu, která je většinou realizována snímačem natočení. Ten vysílá hodnotu natočení do regulátoru, který porovná hodnotu s žádanou hodnotou a vysílá žádanou změnu polohy do frekvenčního měniče, který realizuje polohu motoru.

Z momentové charakteristiky asynchronních motorů je vidět, že záběrový moment je menší než moment pracovní. Výhodou těchto motorů je až 150% krátkodobá přetížitelnost. Řešení s tímto pohonem navrhl p. Alexandr Hodeček. Jeho nabídku jsem přiložil v příloze č.3 i s nabídkou p.Filipa Kotoučka.[7],[22],[23]



obr. 10: Momentová charakteristika asynchronního motoru [7]

Klady - zápory:

- ✓ při dnešních možnostech velmi lehké řízení - nastavení regulačních konstant a poté jen posílat žádanou hodnotu
- ✓ přetížitelnost
- ✓ stálá kontrola polohy motoru
- ✓ možnost připojení snímání polohy do regulačního obvodu
- ✗ záběrový moment je nižší než maximální
- ✗ při dojíždění na žádanou polohu je třeba co nejlepší regulace, což neumožňují všechny druhy měničů
- ✗ dvojitě snímání polohy
- ✗ cena

Pro tento pohon jsem se nerozhodl hlavně z důvodu ceny a obtížné regulace při nízkých otáčkách, které bude hlavně tento pohon vykonávat.

5.2 Stejnosměrné motory

Tyto motory se vyznačují jednoduchou regulací napětí na kotvě. Jejich momentové charakteristiky jsou velmi závislé na zapojení budicího vinutí. Tento pohon byl použit u zapůjčeného dělicího přístroje fa. Deckel. Regulaci zajišťuje mikroprocesor firmy NXP typ: LPC1754FBD80. [24]



obr. 15: Prototyp ovládání dělicího zařízení Deckel

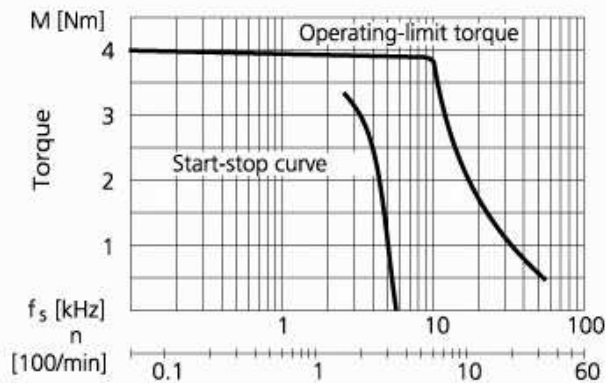
Tento motor jsem nevybral z důvodu nedostupnosti stejnosměrných motorů vyšších kroutících momentů. U slabších motorů s předřazenou převodovkou je nedostatečná přesnost polohování. Bez převodovky měl motor malý kroutící moment.[22],[23]

5.3 Krokové motory

Krokový motor je synchronní točivý stroj. Motor je napájen stejnosměrným proudem, který generuje magnetické pole postupným napájením jednotlivých pólových dvojic. Motor se pak pohne vždy o jeden krok. Při nízkých otáčkách je pohyb rotoru nespojitý. Krokové motory většinou pracují bez snímačů otáček nebo polohy, tudíž bez zpětné vazby.

Pro tuto aplikaci by bylo vhodné použít 3f krokové motory z důvodu lepšího průběhu momentové charakteristiky. U třífázových krokových motorů se používá sinusová komutace proudu. Tento způsob řízení zajišťuje rovnoměrný a stabilní chod v celém rozsahu otáček již od nuly. Na výkonových jednotkách lze nastavit rozlišení v rozsahu 200 až 10.000 kroků na otáčku, digitální řídicí jednotky používají až 20.000 kroků na otáčku.[8],[22],[23]

Tyto motory mi připadají jako nejvýhodnější pro moji aplikaci. Rozvedu zde několik typů pohonů. Jako komunikaci mezi řídicím systémem jsem zvolil dva druhy RS port nebo povely směr a počet pulzů. Dle komunikace je třeba později vybrat vhodný řídicí systém.



obr. 16: Příklad momentové charakteristiky 3f krokového motoru VRDM 3910, kroutící moment 4 Nm.[8]

5.3.1 Kompaktní krokové pohony

Kompaktní krokové pohony s 3 fázovým krokovým motorem mají zabudovanou digitální řídicí jednotku přímo do pláště motoru. Pohon tak tvoří kompaktní celek s vlastní inteligencí. Základem tohoto pohonu je vždy základní krokový motor. V pohonu je zabudována kromě výkonové části i kompletní řídicí jednotka s funkcemi pro polohování nebo regulaci otáček a s možností komunikace volitelně přes : RS-485, Profibus-DP, CAN-open, DeviceNet nebo Ethernet. Při hledání jsem narazil pouze na motory, které mají maximální krouticí moment 6N/m.[8]



obr. 17: Kompaktní krokové motory fa. B&R a Beckhoff[8]

Cena těchto pohonů o výkonu zhruba 6N/m se pohybuje okolo 700-800 EUR.

5.3.2 Krokové motory s programovatelnou jednotkou

Programovatelná jednotka která obsahuje driver včetně koncového stupně s řízením pro jednoduché aplikace. Po naprogramování a připojení krokového motoru je driver schopný pracovat zcela samostatně. Umožňuje uložit několik programů s jednoduchými příkazy skok, časové zpoždění, programový blok v absolutní i relativním módu, programová smyčka apod.. Programy lze vyvolat a spustit řídicími vstupy. Dále je možné použít volně programovatelné vstupy a výstupy. Programování se provádí pomocí PC se systémem Windows a sériovým rozhraním RS485/RS232. [9]



obr. 18: Programovatelná jednotka X-MIND K4 od fa.ENIKA[9]

Výhody a nevýhody:

- ✓ Driver je napájen přímo síťovým napětím.
- ✓ Veškerá elektronika mimo pracovní prostor(není tedy vystavována působení řezných kapalin ani odletu třísek)
- ✓ Možnost připojit vst. a výst., které mohou řídit snímání natočení a ovládat brzdu.
- ✗ Driver zabírá místo v ovládacím panelu, který by měl být co nejmenší pro snadný přenos.
- ✗ Cena

5.3.3 Krokové motory s driverem

Základem je krokový motor, který je ovládán driverem. Řízení driveru už však neprobíhá nastavováním hodnoty pře RS vstup, ale posíláním signálů o směru s frekvencí kroků (řízení otáček). Driver v tomto případě koná funkci zesilovače a galvanického oddělovače. [10]

- ✓ Cena
- ✗ Pevné nastavení mikrokrokování.
- ✗ Nutnost vyšší rychlosti komunikace při nastaveném mikrokrokování.
- ✗ Vyšší nároky na řídicí jednotku. (V dnešní době velice výkoných řídicích jednotek je spíše problém koupit méně výkonnou.)
- ✗ Není možnost komunikace přes RS



obr. 19: Driver 3 fázových krokových motorů YKB 3722 MA [10]

5.4 Vybraný pohon

Pro moje řešení návrhu jsem se rozhodl pro využití 3 fázového motoru z důvodu velmi dobře rozložené momentové charakteristiky a dosažení požadované přesnosti pootáčení při minimálním mikrokrokování. Volbu zda použít jednoduchý driver nebo programovatelnou jednotku zhodnotím, až při rozhodování o řídicím systému.

6 Problematika řídicích systémů a ovládání

Pro řízení děličky chci panel, který budu moci ovládat bez jakéhokoliv připojování ovládacích prvků. Požaduji mít celý ovládací systém zabudován do jedné krabice, ze které povedou pouze konektory pro připojení motoru, čidla, brzdy a napájecího kabelu. Protože budu ovládat dělicí přístroj přímo u stroje, je zapotřebí, aby měl řídicí systém vysoké krytí, které zabrání průniku nečistot a řezných kapalin dovnitř. Dále musí jít lehce obsluhovat i při mírném znečištění, protože je nemyslitelné, aby si obsluha při změně natočení musela chodit umývat ruce. Rozhodně největším rozhodovacím činitelem je velikost řídicího systému.

6.1 Řízení pomocí PC

Jako řídicí PC bychom použili panelový počítač. Tyto počítače mají ve většině případů krytí z přední části IP65. Programovací možnosti jsou takřka neomezené. Přes panelový počítač lze ovládat až několik PLC modulů, nebo přímo ovládat motor. Mírnou nevýhodou je necitlivost displeje při namočení. Displej snímá pak více bodů (můžete si zkusit na touchpadu u notebooku, stačí pár kapek a s myší se nikam nepohnete). Samozřejmě panelové PC je zbytečně výkonné pro tuto aplikaci, a proto je i jeho cena vyšší.



Features

- 6.5" TFT VGA LCD (LED Backlight)
- Intel® Atom™ N455 CPU on board
- System memory up to 2GB DDR3 SDRAM
- One CFast socket
- Fanless design and compact size
- Aluminum Front Bezel
- Dual Gigabit LAN support
- Adjust RS-232/422/485 through BIOS
- Automatic data flow control over RS-485

obr. 20: Panelový počítač od firmy FCC ceníková cena 15tis Kč[11]

Panelové PC s displejem 6-8" se pohybuje okolo 10-20tis Kč podle výkonu procesoru. I takto malé PC má 2x sériový + 4x USB výstup a Ethernet. [11]

6.2 Řízení pomocí operátorského panelu

Další možností řízení je Grafický panel s dotykovou obrazovkou. Jedná se o obdobu panelového PC. Bohužel, grafický panel má daleko jednodušší řídicí jednotku (procesor okolo 400MHz), a proto je spíše určen pro ovládání a přenastavování PLC. I jeho cena je daleko nižší pohybuje se v rozmezí 5 - 10tis Kč. Nevýhodou však je potřeba PLC, které koupíte okolo 10tis Kč. Velkou výhodou tohoto řešení je oddělení řídicí části od uživatelské a tím zamezení zpomalení vyhodnocování řídicí části.[12]

V příloze č.5 jsou nabídky na panelové PC a řídicí panely.



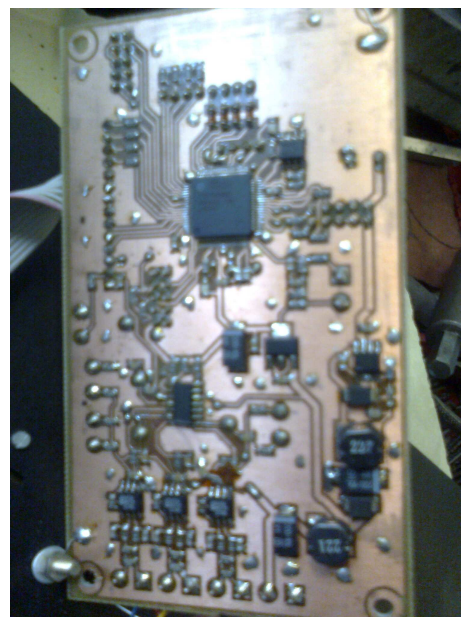
obr. 21: Operátorský panel fa.Weintek [12]

6.3 Řízení pomocí vyrobené desky s mikroprocesorem

Toto řízení je nejlevnější. Nevýhodou je potřeba znalosti tvorby tištěných desek a vyspělá znalost ovládacích obvodů. Díly do tištěného spoje jsou pak většinou maximálně položky v řádu stovek Kč. Deska by měla projít měřením ve zkušebně.

Pro můj návrh se nejlépe hodí mikroprocesor fa. NXP typu LPC1754FBD80. Je to 32bit procesor pro univerzální použití v technologických komunikačních interfejsích. Tento procesor má USB, RS232, CAN, I2C rozhraní, varianta "1759" i Ethernet. Pro technologii má 3x PWM výstupy, množství I/O bran a vstup od inkrementálního čidla, s vestavěnou násobičkou jeho pulsů x2 či x4. Zařízení disponuje konfigurovatelnými registry. Firma poskytuje software pro vývoj CMSIS. [24]

Cena mikroprocesoru je 230 Kč.[24]



obr. 22: Řídící deska prototypu Deckel s mikroprocesorem NXP

6.4 Řízení pomocí vývojové desky s mikroprocesorem

Těchto desek je nespočetné množství. Bohužel ne všechny mají potřebné možnosti řešení snímání a řízení motoru, proto zde uvedu pouze pár typů, které jsou nejvýhodnější pro moji aplikaci.

6.4.1 Vývojová deska fa. Microchip Technology Austria GmbH

Vývojová deska dsPICDEM™ 2 je určena pro pomoc při vývoji aplikací s dsPIC30F DSC (Digitální Signální Kontrolér). Obsahuje patice pro 28 a 40 pinové mikrokontroléry z řady specializované na řízení motorů a 18, 28 a 40 pinových víceúčelových a senzorových kontrolérů. Součástí kitu je vložený dsPIC30F4011 DSC ve 40 pinovém provedení, regulátor (stabilizátor) napájecího napětí, krystalový oscilátor pro každou soustavu patic, rozhraní pro MPLAB ICD 2 a porty RS-232 a CAN pro externí komunikaci. Deska je také vybavená různým hardwarem jako je například: LED diody, tlačítka, potenciometr, teplotní senzor a 2x16 LCD zobrazovač. Všechny vývody jsou přístupné přes vyvedené pinové porty. [13]



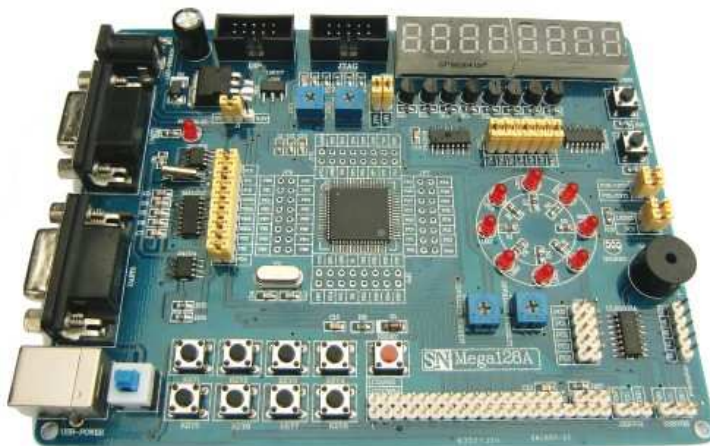
obr. 23: Vývojová deska dsPICDEM 2 [13]

Tato deska nemá integrována žádná tlačítka, sice je lze připojit, ale už nelze namontovat v blízkosti desky kvůli zástavbové výšce. Další nevýhodou je displej přidělaný přímo na tištěném spoji. Při mém požadavku na vysoké krytí je tato deska velmi špatně zasaditelná do ovládacího panelu. Jeden z dalších problémů je, že výrobce neuvádí rozměry desky, ať už na stránkách e-shopu nebo v manuálu.

Cena připojovacího zařízení se softwarem je za částku 5 897 Kč. Samotná deska stojí 2 948 Kč.

6.4.2 Vývojový kit fa. Pandatron

Vývojový kit MEGA128A je založený na obvodu ATmega128A firmy ATMEL se 128 kB programové paměti. Na desce se nachází řada ovládacích a zobrazovacích prvků: obvod reálného času, externí I2C paměť, vysokonapěťový budič krokových motorů a mnoho dalších. Výstup zajištěn dvěma sériovými porty RS232 a programování je zajištěno ISP a JTAG rozhraním. Kit obsahuje standardní znakový LCD displej, s možností připojení grafického displeje. [14]



obr. 24: Vývojová deska MEGA128A [14]

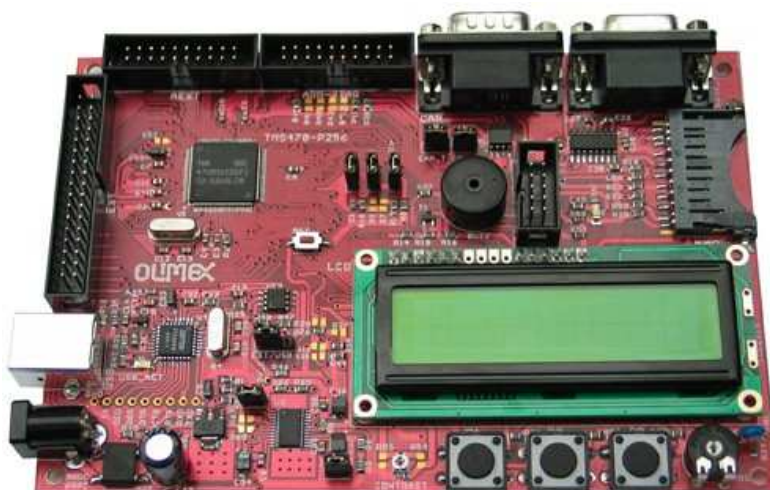
Součástí balení vývojového kitu MEGA128A je RS232 propojovací kabel, USB A-B napájecí kabel a CD s technickou dokumentací, vývojovými nástroji a velkým množstvím ukázkových zdrojových kódů a aplikací.[14]

Nevýhodou této desky je slabší procesor a pro mě nevhodné rozmístění prvků. Po funkční stránce tato deska splňuje všechny moje požadavky. Výhodou je bezesporu cena, která je 1 872 Kč a to včetně propojovacích kabelů a software.

6.4.3 Vývojová deska fa. Olimex Ltd.

Tato malá kompaktní deska o rozměrech 145 x 99 mm (5.7 x 3.9 "). Obsahuje 32-Bit Mikroprocesor s 256KB Flash pamětí, 12KB SRAM, CAN, 2x SPI, 2x UART, C2SIB, HET, 10bit MibADC 1.55uS a WDT.[15]

Programování probíhá přes standardní JTAG konektor s ARM 2x10 pin. Přes tento konektor je možné i desku otestovat. Další možností je programování přes RS232.[15]



obr. 25: Vývojová deska TMS470A256 [15]

Modul obsahuje 3 integrovaná tlačítka, která pro ovládání dělicího přístroje úplně postačují. Deska nabízí připojení externí klávesnice. Displej je pouze zastrčen v pinech, proto je možnost zastavení klávesnice přímo pod displej. Podsvícený displej je dvouřádkový s šestnácti znaky. Tato deska je daleko výkonnější než předchozí a umožňuje připojení SD/MMC karty a má port USB.[15]

Tato deska je nejvýhodnější pro toto řešení, bohužel výrobce poskytuje pouze software bez manuálu k desce. Manuál k mikroprocesoru je k sehnání na stránkách výrobce. Cena této desky je 2 065 Kč.[15]

6.4.4 Tlačítková klávesnice pro vývojové desky

Jedná se o maticovou klávesnici, která má 16 tlačítek a zvládne max. 24V/20mA její maximální odpor je R_{max} 200ohm. Výhodou osazení vývojové desky klávesnicí je, že zadávání úhlu bude probíhat absolutně a na tlačítka A,B,C a D nastavím funkce jako odbrzdění dělicího přístroje a nebo najetí do reference. Při méně tlačítkovém systému je zadávání tvořeno inkrementálně s nastavením kroku a poté tlačítka +/- . U inkrementálního systému není také možné úprava při havarijním stavu. Cena této klávesnice se pohybuje okolo 160 Kč.[16]



obr. 26: Maticová klávesnice F-KV16KEY BLACK [16]

6.5 PLC s grafickou zobrazovací jednotkou

Při hledání se mi nejvíce zamlouvalo PLC GTP 64, které má velmi mnoho spínaných 0/1 kontaktů. Bohužel, tyto kontakty jsou pomalé pro posílání kroků krokovému motoru. Dalším problémem je dokumentace, ze začátku šel stáhnout alespoň částečný DATASHEET, ale v této době jsou stránky výrobce zavirovány a nelze ani toto.[17]



obr. 27: PLC GTP 64 od fa. KERNEL [17]

Cena tohoto PLC je okolo 12tis Kč, a proto si myslím, že pro moje řešení je příliš drahé a nevýkonné. Cenová nabídka je v příloze č.6.

7 Problematika snímání polohy vřetena

Na počátku hledání jsem si myslel, že tato část bude z celé mé práce nejzajímavější a budu mít na výběr z mnoha řešení, ale takto to není.

Požadavek na minimální přesnost snímání je 10588kroků na otočení. Tato přesnost byla stanovena na základě požadovaných výrobních přesností.

Pro přesnost snímání je potřeba použít velmi přesný snímač, ale kvůli zástavbě do těla děličky je potřeba i malé zástavbové výšky. Protože klasický snímač natočení nemůžu použít, kontaktoval jsem fa. Larm. Požádal jsem je, jestli by mi odprodali díly pro stavbu čidla. Po telefonické dohodě s technikem jsem si tento nápad rozmyslel. Vysvětlil mi, že pro zástavbu potřebuji přesný mikroskop a zabezpečit rotační talířek proti házení, které se pohybuje v tisícinách milimetrů. Při vyosení o 0,02mm prý dojde ke zničení datového kolečka. Nehledě na to, že i přesnost je úplně někde jinde.

7.1 Snímač Avago-technologies

Po tomto rozhovoru mi zbyla už jen jediná možnost na snímání natočení a to od fa. AVAGO.

Jedná se o enkodér, který má 4096 pulzů za otáčku, při optimálním dělení kroků lze dosáhnout až 16384 dílků za otáčku. Malá velikost je optimální pro zástavbu do vřetena děličky. Největší průměr těla 21mm a délka 23,7mm. Pro připojení je použita osička o průmětu 2mm, která je pojištěna šroubkem z boku. Nevýhodou však je, že tento enkodér je inkrementální. Z toho plyne nutnost najet referenci vždy po zapnutí stroje. Další nevýhodou je vyšší nárok na rychlost snímání pulzů při otáčení. Při ztrátě pulzu je dělička okamžitě nepřesná, protože řídící jednotka se kalibruje dle tohoto snímače.



obr. 28: AVAGO
TECHNOLOGIES - AEDA-
3300-TAT - ENCODER [18]

Cena tohoto snímače se pohybuje okolo 2 500 Kč, tato částka mi přijde velmi nízká v porovnání s většími encodery, které se pohybují okolo 10 000 Kč.

7.2 Snímač Renishaw

Po dalším hledání, těsně před odevzdáním, přišla na trh fa. Renishaw s novým produktem. optoelektrického snímače, který je přímo stvořen pro moji aplikaci. Tento snímač má rozlišení 36 000 pulzů na otáčku a je absolutní. Přesnost ustavení jednotlivých dílů se pohybuje v 0.1mm, tudíž není potřeba žádných přesných optických měřidel.[19]



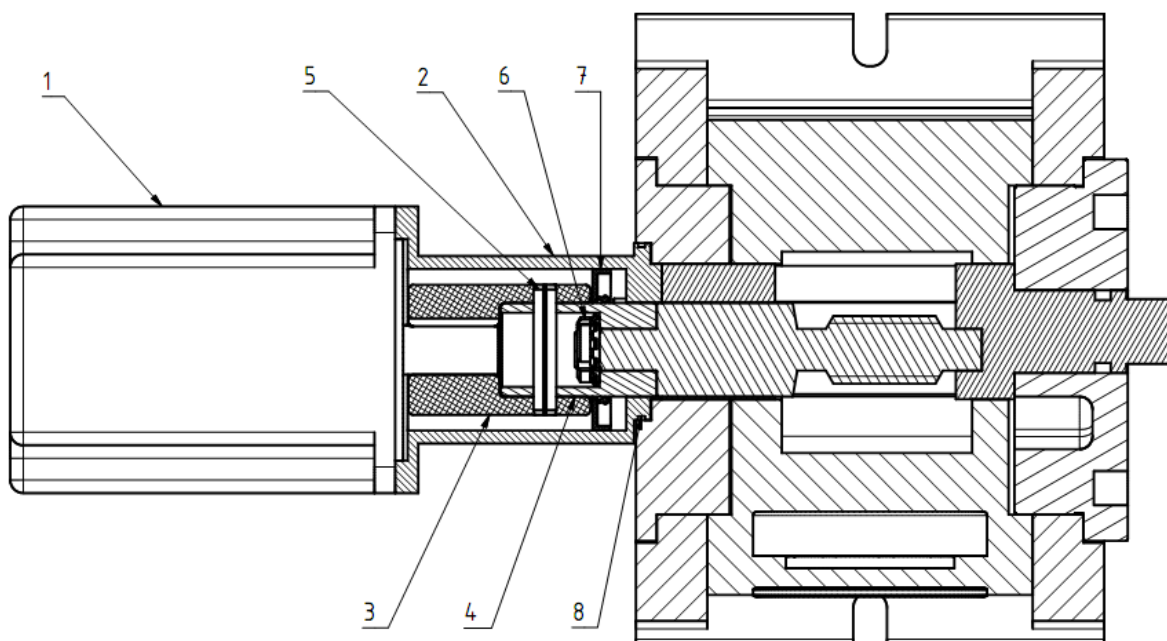
obr. 29: Systém absolutního optického rotačního (úhlového) snímače RESOLUTE™
Bohužel cena tohoto zařízení je zhruba 55 000 Kč.

8 Způsob zabudování pohonu do dělicího přístroje

Pro zabudování pohonu byla nutná kompletní 3D vizualizace.

8.1 Připojení motoru

Krokové motory se standardně připojují přes pružnou spojku, která se z boku stahuje šroubkem. Protože dělicí přístroj je daný, je nutno navrhnout jiné řešení.



obr. 30: Řez dělicím zařízením pro názornost návrhu řešení připojení motoru.

1. Krokový motor Gravos YK31115A
2. Propojovací příruba
3. Silonová spojka pro vymezení axiálních a radiálních sil
4. Mezikus
5. Pružný kolík
6. KN matice + MB podložka pro vymezení axiální vůle šneku.
7. Gufero
8. Těsnící O-kroužek

Řešení je tvořeno mezikusem, který je přitáhnut KN maticí pro vymezení vůle axiálních ložisek v uložení šneku.(axiální ložiska nejsou prokresleny) Na mezikus je nasazena silonová spojka, která je pojištěna pružným kolíkem a naražena na hřídeli motoru. Propojovací příruba má osazení pro aretaci a ještě je pojištěna dvěma kalenými kolíky, vedle kterých se nachází dva šrouby M6. Motor standardně přišroubujeme 4 šrouby k přírubě. Jako těsnění jsem použil gufero a O-kroužek.



obr. 31: Šnek s zobrazením axiálních ložisek.

8.2 Použité díly dělicího přístroje



obr. 32: Použité díly pro stavbu řízeného dělicího přístroje

Pro stavbu jsem použil:

- základnu dělicího přístroje (není na obr)
- tělo dělicího přístroje
- levé boční víko, na kterém je vygravírována stupnice naklonění dělicího přístroje

- šnek s jeho uložením
- šnekové kolo s brzdou
- vřeteno dělicího přístroje

Z obr.33 je vidět že pro stavbu automatizovaného dělicího přístroje je potřeba pouze základních dílů.

8.3 Díly potřebné pro stavbu

- všech 7 dílů z obr.30
- pravé boční víko
- díly pro uložení enkodéru
- součásti pneumatické kotoučové brzdy

Dále je potřeba upravit některé stávající díly.

9 Ovládací panel

Bude zabudován do rozvodné skříně Schneider Electric typu NSYS3DB25315. Skříň má krytí IP65 a lze použít v horizontální i vertikální poloze. Rozměry jsou 300x250x150. Do dveří bude vyříznut otvor pro klávesnici a displej.[20]

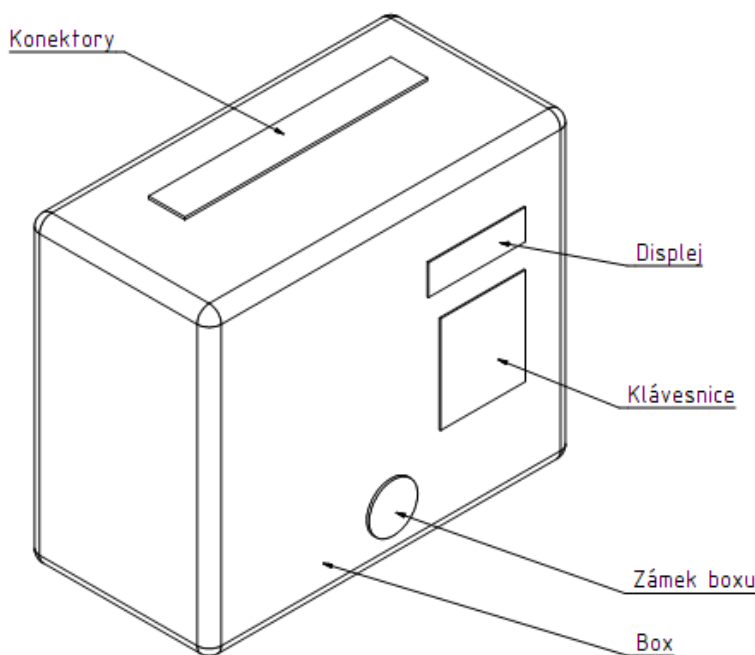


obr. 33: Rozvodná skříň NSYS3[20]

V boxu je nutné utěsnit všechny součásti, aby bylo zaručeno krytí.

Levou část čelní strany využiji pro stručný návod ovládání.

Konektory budou realizovány provedením REVOS, které je určeno pro průmyslovou aplikaci a má krytí IP65.[21]



obr. 34: Schématické zobrazení ovládacího panelu

10 Závěr

V práci byla řešena problematika automatizace dělicího přístroje TOS DU250 pro zefektivnění výrobního procesu fa. Sobotka. V první části práce je provedena rešerše komerčně dostupných řízených dělicích přístrojů a provedeno zhodnocení jejich parametrů a pořizovacích nákladů. V další části je provedena analýza parametrů dělicího přístroje TOS DU250, včetně proměření pracovního momentu na šneku přístroje. Následně je v práci řešena volba pohonů a snímačů pro navrhované řešení, které je probráno v závěrečné části práce.

Pro ovládání dělicího přístroje navrhuji vývojovou desku TMS470A256, která bude ovládat driver 3f krokového motoru. Navrhovaný typ krokového motoru je YK31115A jeho ovládací driver typ YKB 3722 MA. Snímání polohy natočení bude realizováno encoderem AVAGO TECHNOLOGIES - AEDA-3300-TAT. Brzdění bude provedeno mechanicky stávající brzdou a pneumaticky přes kotoučovou brzdu. Toto řešení je realizováno dle mých představ a shoduje se s nimi.

Při úpravě dělicího zařízení jsem dospěl k názoru, že za úvahu stojí nakoupit šnekové soukolí a celé uložení dělicího přístroje vyrobit nové na CNC strojích, které udrží daleko vyšší přesnost. Tělo tohoto zařízení by bylo vyrobeno z oceli, bohužel ta nemá takové tlumící vlastnosti jako litina. Pokud bych chtěl zachovat možnost naklápění, bylo by podle mého názoru zařízení méně tuhé. Dále by toto řešení umožnilo uložení normalizovaného zapouzdřeného enkodéru s vyšší přesností. Největší nedostatek tohoto řešení je v kvalitě snímače natočení. Cena automatizačních prvků se vejde do cenového limitu.

Konečnou realizaci s uvedením do provozu se budu zabývat v navazující diplomové práci, ve které zhodnotím i skutečné cenové náklady. Doposud nejsem rozhodnut, zda budu dělicí přístroj přestavovat nebo stavět nový. Automatizační prvky jsou podle mého názoru správně vyvážené. Dále budu pokračovat v hledání vhodnějšího snímače natočení s vyšším rozlišením.

Seznam použitá literatura:

- [1] *NIKKEN* [online]. 2012 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.nikken-world.com/en/rotary-table/CNC260B/27>
- [2] *Ganro* [online]. 2012 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.ganro.com.tw/products-dr-102.html>
- [3] *Troyke Manufacturing Company* [online]. 2012 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.troyke.com/>
- [4] *Haas Automation Ltd.* [online]. 2012 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: http://www.haas.co.uk/rotary_construct.html
- [5] *Mumford Micro* [online]. 2002 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.bmumford.com/rotary/index.html>
- [6] *DTC Tecnologia S.L* [online]. 2012 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.dtctecnologia.com/es/menu/productos/familia,rz-160-y-rz-200>
- [7] *VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ* [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: http://www.elektro.fme.vutbr.cz/studopory/elektrot/lab_06_cv.htm
- [8] *Berger Positec, s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: http://www.regulacni-pohony.cz/frm_krok.html
- [9] *ENIKA.CZ s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.enika.cz/cz/komponenty-pro-automatizaci/krokovy-motory-a-ovladace/ovladace-s-programovanim.html?recount=1>
- [10] *Ing. Miroslav Vostárek - GRAVOS* [online]. 2010 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://gravos.cz>
- [11] *FCC průmyslové systémy s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: http://www.fccps.cz/ppc-l61t-r71-xe-panelove-pc-6-5-amd-lx800-t-s-_d28362.html
- [12] *Weintek Labs., Inc.* [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: http://www.weintek.com/global/Product/Product.aspx?Category=Detail&Uid=eMT3105P&T=HMI_
- [13] *HW server s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://obchod.hw.cz/?cls=stoitem&stiid=38754>
- [14] *Pandatron.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-05-14]. ISSN 1803-6007. Dostupné z: http://pandatron.cz/?shop&sla=2&pn=90107&tx=vyvojovy_kit_mega128a

- [15] *Pavel Volf - PV Electronic* [online]. 2012 [cit. 2012-05-5]. Dostupné z: <http://www.pvelectronic.eu/hlavni-odd/podle-kategorie/arm/texas-instruments/tms470-p256.html>
- [16] *GM electronic, spol. s r. o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/tlacitkove-klavesnice/f-kv16key-black-p637-091/>
- [17] *OPIS Engineering k.s.* [online]. 2012 [cit. 2012-04-3]. Dostupné z: http://opis.cz/kernel/gtp_64_cz.html
- [18] *Farnell* [online]. 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://cz.farnell.com/avago-technologies/aeda-3300-tat/encoder-3channel-top-mount-4096cpr/dp/1161083>
- [19] *Renishaw plc* [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.renishaw.cz/cs/system-absolutniho-optickeho-linearniho-a-absolutniho-optickeho-rotacniho-uhloveho-snimace-resolute--10852>
- [20] *Schneider Electric CZ,s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/cz/>
- [21] *AXIMA, spol. s r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.axima.cz/katalog/produkt/konektory-revos/55521/59124170.html>
- [22] PAVELKA, Jiří. *Elektrické pohony*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995, 221 s. ISBN 80-010-1411-8.
- [23] SKALICKÝ, Jiří. *Elektrické servopohony*. 1. vyd. Brno: VUT v Brně, 1999, 86 s. ISBN 80-214-1484-7.
- [24] *Mouser Electronics, Inc* [online]. 2012 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://cz.mouser.com/ProductDetail/NXP/LPC1754FBD80551/?qs=XO2CtKvNMEgWyKZcSKUdvQ%3d%3d>

Seznam příloh:

CD obsahující: Tento dokument v PDF

Příloha č.1 Nabídka dělicího přístroje

Příloha č.2 Prospekt TOS DU 250

Příloha č.3 Nabídka asynchronní motory

Příloha č.4 Nabídka průmyslové pc a panely

Příloha č.5 Cenová nabídka OPIS Engineering k.s.